


ELECTRON EMITTING DEVICE AND ITS DRIVE METHOD THEREFOR

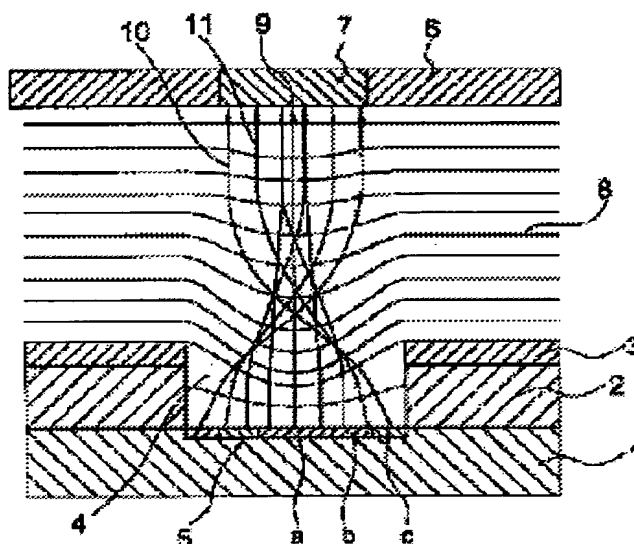
Patent number: JP2000243218
Publication date: 2000-09-08
Inventor: KONUMA KAZUO
Applicant: NIPPON ELECTRIC CO
Classification:
 - international: H01J1/304; G09G3/22; H01J29/04; H01J31/12
 - european:
Application number: JP19990038210 19990217
Priority number(s): JP19990038210 19990217

Also published as:

 US6437503 (B1)

Abstract of JP2000243218

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an electron emitting device capable of suppressing divergence in emission, and improving divergence characteristics when the maximum quantity of electrons are emitted. **SOLUTION:** In this electron emitting device, a convergent electric field to cause electrons emitted from an emitter 5 to converge toward an anode electrode 6 side is formed, and the inclination of an equipotential surface in the convergent electric field becomes larger, as it comes close to the emitter 5. In addition, when the distance between the rear surface of the anode electrode 6 and the surface of the emitter 5 is expressed as $t(ak)$, the potential of the anode electrode 6 is defined as V_a , the potential of the gate electrode 3 is expressed as V_g , the thickness of the gate electrode 3 is expressed as $t(g)$, and the distance between the rear surface of the gate electrode 3 and the surface of the emitter 5 is expressed as $t(gk)$. The relation $t(gk)/t(ak) \cdot V_a < V_g < [t(g) + t(gk)]/t(ak) \cdot V_a$ is satisfied.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-243218
(P2000-243218A)

(43) 公開日 平成12年9月8日(2000.9.8)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
H 0 1 J 1/304		H 0 1 J 1/30	F 5 C 0 3 1
G 0 9 G 3/22		G 0 9 G 3/22	E 5 C 0 3 6
H 0 1 J 29/04		H 0 1 J 29/04	5 C 0 8 0
31/12		31/12	C

審査請求 有 請求項の数16 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平11-38210

(22) 出願日 平成11年2月17日(1999.2.17)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社
東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 小沼 和夫

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株
式会社内

(74) 代理人 100096231

弁理士 稲垣 清

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子放出装置及びその駆動方法

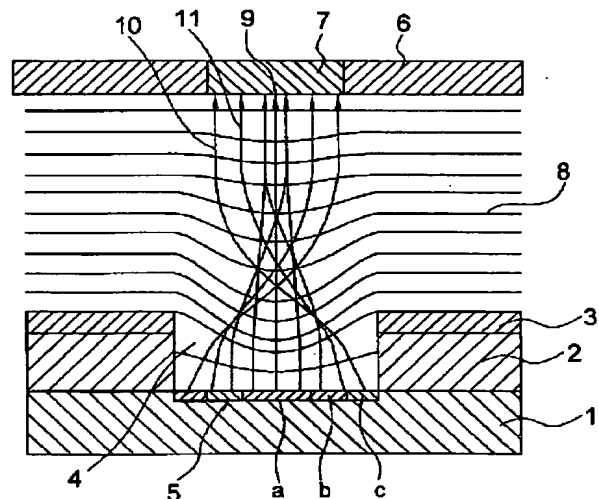
(57) 【要約】

【課題】 エミッション広がり抑制し、最大エミシ
ョン量における広がり特性を改善することができる電子
放出装置を提供する。

【解決手段】 電子放出装置では、エミッタ5から放出
される電子をアノード電極6側に向かって収束させる収
束電界が形成され、収束電界における等電位面の傾斜が
エミッタ5に近接するほど大きくなる。更に、エミッタ
5の表面とゲート電極3の裏面との間の距離を $t(gk)$ 、
アノード電極6の裏面とエミッタ5の表面との間の距離
を $t(ak)$ 、アノード電極6の電位を V_a 、ゲート電極3の
電位を V_g 、ゲート電極3の厚さを $t(g)$ 、及び、ゲート電
極3の裏面とエミッタ5の表面との間の距離を $t(gk)$ と
するとき、次式

$$\{t(gk)/t(ak)\} \cdot V_a < V_g < [\{t(g)+t(gk)\} / t(ak)] \cdot V_a$$

の関係を満足する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、開口部を有し前記基板上に配置されたゲート電極と、前記開口部内に形成されたエミッタと、該エミッタから所定の間隔をあけて配設されたアノード電極とを備える電子放出装置において、前記エミッタから放出される電子を前記アノード電極側に向かって収束させる収束電界が形成され、該収束電界における等電位面の傾斜が前記エミッタに近接するほど大きくなり、

前記エミッタの表面と前記ゲート電極の裏面との間の距離を $t(gk)$ 、前記アノード電極の裏面と前記エミッタの表面との間の距離を $t(ak)$ 、前記アノード電極の電位を V_a 、前記ゲート電極の電位を V_g 、前記ゲート電極の厚さを $t(g)$ 、及び、前記ゲート電極の裏面と前記エミッタの表面との間の距離を $t(gk)$ とすると、次式

$$\{t(gk)/t(ak)\} \cdot V_a < V_g < [\{t(g)+t(gk)\} / t(ak)] \cdot V_a$$

の関係を満足することを特徴とする電子放出装置。

【請求項 2】 前記収束電界は、前記ゲート電極及びエミッタの相互間に与えられるゲート・エミッタ間電界が、前記アノード電極及びゲート電極の相互間に与えられるゲート・アノード間電界よりも小さい値に設定されることによって形成されることを特徴とする請求項 1 に記載の電子放出装置。

【請求項 3】 前記ゲート・エミッタ間電界と前記ゲート・アノード間電界との大小関係に加えて、前記ゲート・エミッタ間電界が前記ゲート・アノード間電界よりも大きな値に設定される場合にも前記エミッタから前記アノード電極に向かって電子が放出され、前記収束電界における等電位面の傾斜が前記アノード電極に近接するほど大きくなることを特徴とする請求項 2 に記載の電子放出装置。

【請求項 4】 前記ゲート電極の開口部内の前記エミッタは、該開口部の内周面側が前記ゲート電極側に突出するすり鉢状に構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の内の何れか 1 項に記載の電子放出装置。

【請求項 5】 前記エミッタが前記開口部の内周よりも小さく形成されることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の内の何れか 1 項に記載の電子放出装置。

【請求項 6】 前記エミッタが環状に形成されることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の内の何れか 1 項に記載の電子放出装置。

【請求項 7】 前記エミッタは、相互にエミッション特性が異なる複数種類のカソード材料から構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 6 の内の何れか 1 項に記載の電子放出装置。

【請求項 8】 複数の前記開口部が前記ゲート電極に一列状に形成され、各開口部内の前記エミッタが相互に一直線状を成すことを特徴とする請求項 1 乃至 4 の内の何れか 1 項に記載の電子放出装置。

【請求項 9】 前記開口部が略矩形形状の孔として形成され、前記エミッタが、前記略矩形形状孔の長手方向に沿って帯状に形成されることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の内の何れか 1 項に記載の電子放出装置。

【請求項 10】 前記エミッタ及びゲート電極から成る 1 組の絵素が相互に 3 組隣接して配置されており、前記 3 組の絵素の内の中央部分に位置する第 1 の絵素における前記エミッタが前記略矩形形状孔の中央部分を長手方向に沿って延在し、前記 3 組の絵素の内の一側に位置する第 2 の絵素における前記エミッタが前記略矩形形状孔の前記第 1 の絵素に近接する側を長手方向に沿って延在し、前記 3 組の絵素の内の他側に位置する第 3 の絵素における前記エミッタが前記略矩形形状孔の前記第 1 の絵素に近接する側を長手方向に沿って延在することを特徴とする請求項 9 に記載の電子放出装置。

【請求項 11】 前記ゲート電極が略矩形形状に構成され、前記開口部が、前記ゲート電極における中央部と各隅部とに夫々形成され、中央部に位置する前記開口部では、前記エミッタが前記開口部内における中間部を前記ゲート電極の長手方向に沿って延在し、各隅部に位置する前記開口部では、前記エミッタが前記開口部内における外方側に寄せて形成されることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の内の何れか 1 項に記載の電子放出装置。

【請求項 12】 基板と、開口部を有し前記基板上に配置されたゲート電極と、前記開口部内に形成されたエミッタと、該エミッタから所定の間隔をあけて配設されたアノード電極とを備える電子放出装置において、前記エミッタから放出される電子を前記アノード電極側に向かって収束させる収束電界が形成され、前記収束電界における等電位面が収束軸を有するレンズ状に構成され、該レンズ状の等電位面が、前記エミッタから放出される電子を前記収束軸と交わるジャストフォーカス状態にしてから前記収束軸と交錯するオーバーフォーカス状態にして前記アノード電極に到達させることを特徴とする電子放出装置。

【請求項 13】 前記オーバーフォーカス状態の電子が、前記開口部よりも小さい範囲で前記アノード電極に向かうことを特徴とする請求項 12 に記載の電子放出装置。

【請求項 14】 請求項 1 乃至 13 の内の何れか 1 項に記載の電子放出装置を駆動する駆動方法であって、前記アノード電極とエミッタ間の電界をしきい値に設定することを特徴とする電子放出装置の駆動方法。

【請求項 15】 請求項 1 乃至 13 の内の何れか 1 項に記載の電子放出装置を駆動する駆動方法であって、前記アノード電極とエミッタ間の電界を、しきい値電界と最大電流量電界との中間の電界に設定することを特徴とする電子放出装置の駆動方法。

【請求項16】 請求項1乃至13の内の何れか1項に記載の電子放出装置を駆動する駆動方法であって、前記アノード電極とエミッタ間の電界を最大電流量電界に設定することを特徴とする電子放出装置の駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子放出装置及びその駆動方法に関し、特に、エミッション広がり特性を改善した電子放出装置及びその駆動方法に関する。

【0002】

【従来の技術】電子放出装置は、エミッタから放出した電子をアノード電極で捕獲して電気信号として認識し、或いは、電子を捕獲した際の電子励起によってアノード電極に塗布された蛍光体を発光させて光信号として認識する機能を有する。電気信号を認識する装置としての応用例には、一般に真空管とも呼ばれるアンプや発振器等が挙げられる。一方、光信号を認識する装置としての応用例には、ブラウン管や蛍光表示管、或いは、フィールド・エミッション・ディスプレイ(FED:Field Emission Display)と呼ばれる平面型のディスプレイ(電界放出型画像表示装置)が挙げられる。

【0003】電子放出装置の従来例として、FEDについて説明する。図23は、従来のFEDの1絵素を模式的に描いた断面図であり、電子を放出させて赤色の蛍光体を励起して発光させる構造を示す。ここで、絵素とはFEDで表示する画像を空間分割した場合の最小単位を意味する。R(赤)、G(緑)、B(青)の光の3原色表示方式でカラーの絵を表示するFEDでは、その内の1つの色、例えばR(赤)を絵素と呼ぶ。

【0004】図23に示すように、基板1上には、厚さ1 μ m程度のSiO₂膜が絶縁膜2としてスパッタリングで堆積され、絶縁膜2上には、約200nm厚のアルミニウム膜がゲート電極3として堆積され、ゲート電極3及び絶縁膜2を夫々貫通する円筒状のゲートホール4が形成される。ゲートホール4の底部には、基板1上にカソード材料が堆積されてエミッタ5が形成される。また、基板1から上方に5mm程度離れた位置にはアノード電極6が配置される。アノード電極6のゲートホール4の直上に位置する部分には、赤色蛍光特性を有する蛍光体7が塗布されている。

【0005】アノード電極6及び蛍光体7には5、1kV程度の電圧が印加される。カソード材料から成るエミッタ5には0V、ゲート電極3には100V程度の電圧が印加される。このように、各部に電圧を印加することによって等電位面8が形成される。ここで、アノード電極6とゲート電極3との間の距離は5mm、電圧は5000Vであるので、双方の電極6、3間における電界は、

$$5000/5 \text{ [V/mm]} = 1 \text{ [kV/mm]}$$

となる。

【0006】一方、ゲート電極3とエミッタ5との間の距離は1 μ m(1E⁻³ [mm])、電圧は100Vであるので、双方の電極3、5間におけるゲート・エミッタ間電界は、

$$100/1E^{-3} = 100 \text{ [kV/mm]}$$

となる。ゲート・エミッタ間電界の値が、アノード電極6及びゲート電極3間のゲート・アノード間電界の値の100倍あるので、ゲートホール4の内部及びその近傍は、等電位面8におけるゲートホール4の中央部分が浮き上がって円孔レンズとして機能する。この円孔レンズでは、ゲートホール4の中心軸付近で、エミッタ5に印加される電界が弱くなると言える。換言すると、円孔レンズは電子を発散させるパワーを有しており、中心軸(収束軸)から外れた位置のエミッタ5から放出された電子は、軸から離れる方向(広がる方向)に向かって電子軌道が曲げられる。ここで、円孔レンズの「パワー」とは、円孔レンズを構成する等電位面8が有する、電子を発散または収束させるエネルギーを表す。

【0007】次に、円孔レンズ効果で電子放出軌道が曲げられる現象を詳しく説明する。図23では、エミッタ5を更に細かい領域に分け、各領域から放出される電子の軌道を示す。ゲートホール4は軸対称な形状を有するので、ゲートホール4の底部に堆積したエミッタ5を、軸に近い領域から周辺に向けて3つの領域に分ける。弓矢の的状に同心円で区切った領域を中心側からa、b、cと称する。領域aは軸を含む領域である。9は領域aから放出される電子、10は領域bから放出される電子、11は領域cから放出される電子を夫々示す。各電子9、10、11は、領域a、b、cの順に外側に広がっている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の電子放出装置では、放出された電子9～11がアノード電極6に到達するまでに、軸から離れる方向に広がるといった問題があった。FEDでは絵素が細かく分割されて配列されるので、電子が広がると、自身の絵素における蛍光体7ではなく、隣接する絵素の蛍光体7に電子が飛び込むという問題が生じる。別の色の絵素の蛍光体7に電子が飛び込むと実際には違う色が生じ、また、同じ色の隣接する絵素の蛍光体7に電子が飛び込むと空間分解能の不良が生じる。

【0009】図24は、図23で示した従来の電子放出装置の動作特性を示すグラフである。図24では、カソード印加電界とエミッション電流量との関係を示す。グラフに示すカソード印加電界は、ゲートホール4の底部に堆積したエミッタ5に印加される。ここでは、ゲートホール中間高さ(1 μ mの絶縁膜構造では0.5 μ m高さ)での電界の値を、カソード印加電界の値として用いる。

【0010】カソード印加電界を徐々に上昇させると、エミッション電流が流れ始める電界（しきい値電界）が現れる。必要なエミッション量の最大値を最大電流量と呼び、その電流量を得るのに必要なカソード印加電界を最大電界と呼ぶ。FEDにおいてアナログ方式で画像を表示するためには、入力信号に対応して、しきい値電界と最大電界との間における任意の電界を印加して、所望の輝度の蛍光を得ることが必要である。パルス幅駆動方式では、一定電界、例えば最大電界を印加する時間を調整することによって、所望の輝度の蛍光を得ることができる。

【0011】エミッション（放出電子）の広がり特性に限界がなければ、図24のエミッション特性に応じて電子放出装置を駆動すればよいが、実際には、円孔レンズの効果によって限界以上にエミッションが広がる。ゲートホール開口部での電界の差が大きいほど（現象①）、また、軸から外れた位置のカソード電極から放出された電子ほど（現象②）、円孔レンズ効果で電子が広がる現象が顕著になる。

【0012】図25は、ゲートホール開口部での電界の差が大きい場合の現象①を説明するグラフである。アノード電極6の電圧を一定にした状態でカソード印加電界を大きくすると、(1)等電位面の歪みが増大する、(2)ゲートホール開口部での速度が大きくなる等の現象が発生する。現象(1)及び(2)によって、アノード電極6への到達時のエミッション広がり範囲は一層広くなる。

【0013】上記広がり範囲を表す図25の「長さD」として、図23に示した矢印Dで示す範囲を用いる。カソード印加電界を増加させるには、ゲート電極電位を増加させる。隣接する蛍光体に電子が飛び込む不都合が発生するときには、広がり範囲“D”が既に限界を超えていることになる。厳しく考えれば、ブラックマトリクスなどの無効領域に飛び込んだ電子は蛍光体を励起しないので、所定の蛍光体に飛び込まない電子が発生するということは、既に広がり限界を超えたことになる。状況によって限界広がり様々であるが、一定の限界があることは確かである。この広がり範囲“D”を限界広がり長さと呼び、その特性を与えるカソード印加電界を限界電界と呼ぶ。

【0014】FEDやその他の応用に用いられる電子放出装置では、限界電界以上のカソード印加電界を使用することはできないので、最大電流量を得るために必要な最大電界が限界電界以下でなければならない。従来のゲートホール構造を有する電子放出装置では、外部に比べてゲートホール内の電界が強くなるように駆動していたので、必ず円孔レンズによる電子広がり影響を受けていた。特に、最大電流量に近づくに従って広がり割合も増加する傾向は好ましくない。このような傾向では、放出電子のごく僅かの割合の電子が規格外の領域に飛び込んだ場合にその電子母数が大きいために、結果と

して十分に目立つ、若しくはノイズとして無視できない量の電子が規格外に飛び込むことになる。

【0015】本発明は、上記に鑑み、エミッション広がり抑制し、最大エミッション量における広がり特性を改善することができる電子放出装置及びその駆動方法を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の電子放出装置は、基板と、開口部を有し前記基板上に配置されたゲート電極と、前記開口部内に形成されたエミッタと、該エミッタから所定の間隔をあけて配設されたアノード電極とを備える電子放出装置において、前記エミッタから放出される電子を前記アノード電極側に向かって収束させる収束電界が形成され、該収束電界における等電位面の傾斜が前記エミッタに近接するほど大きくなり、前記エミッタの表面と前記ゲート電極の裏面との間の距離を $t(gk)$ 、前記アノード電極の裏面と前記エミッタの表面との間の距離を $t(ak)$ 、前記アノード電極の電位を Va 、前記ゲート電極の電位を Vg 、前記ゲート電極の厚さを $t(g)$ 、及び、前記ゲート電極の裏面と前記エミッタの表面との間の距離を $t(gk)$ とすると、

$$\{t(gk)/t(ak)\} \cdot Va < Vg < [\{t(g)+t(gk)\}/t(ak)] \cdot Va$$

の関係を満足することを特徴とする。

【0017】本発明の電子放出装置では、収束電界が、カソード電極から放出される電子を収束させるレンズ（円孔レンズ）として機能するので、電子の放出軌道を広げずにエミッション広がり抑制し、アノード電極への電子の到達状態を良好に維持することができる。レンズの収束効果で曲げられた電子が、アノード電極の手前で相互に交錯するオーバーフォーカスの状態になると、電子がアノード電極に広がった分布をもって到達する。しかし、オーバーフォーカス時による広がり特性は、等電位面の歪みによって発散系のレンズが機能した従来の電子放出装置の場合に比して大幅に狭くなる。これは以下の理由による。つまり、ゲート電極とエミッタとの間に与えられた電界が、アノード電極とゲート電極との間に与えられた電界以下の状態では、最も電界が高く電界放出量が多いのがレンズの軸中心近傍であり、軸から外れるほど放出量が減少する。レンズの球面収差の影響によって、レンズの縁部（軸から外れた位置）ほど発散させるパワーが大きく、また、電子放出量は軸中心で最も多く軸中心から外れるほど少なくなる電子放出分布を有する。これらにより、電子が広がる現象が抑制される。一方、従来の電子放出装置における発散系のレンズでは、軸の中心近傍のエミッタに作用する電界が最も弱く、レンズ周辺を通過する電子が最も多くなり、電子の広がりが促進されていた。本発明におけるオーバーフォーカスによる広がり現象と、従来の電子放出装置におけ

る発散系のレンズによる広がり現象とを比較した場合、同じ程度のパワーを有するレンズであるならば、オーバーフォーカスの方が広がりが少ないのは自明のことである。

【0018】ここで、前記収束電界は、前記ゲート電極及びエミッタの相互間に与えられるゲート・エミッタ間電界が、前記アノード電極及びゲート電極の相互間に与えられるゲート・アノード間電界よりも小さい値に設定されることによって形成されることが好ましい。この場合、電子の収束作用をもつ電界を簡便に得ることができる。

【0019】また、前記ゲート・エミッタ間電界と前記ゲート・アノード間電界との大小関係に加えて、前記ゲート・エミッタ間電界が前記ゲート・アノード間電界よりも大きな値に設定される場合にも前記エミッタから前記アノード電極に向かって電子が放出され、前記収束電界における等電位面の傾斜が前記アノード電極に近接するほど大きくなることが好ましい。

【0020】この場合、所望の広がり特性の条件を最大限に利用することができる。エミッタからの放出電子が元来横方向速度を持たない、または無視できる程に小さいと仮定した場合には、等電位面の歪みによるレンズ効果が無い状態が最も放出電子の直進性が良好で、アノード電極に到達する電子の広がりが少ないことになる。レンズ効果が無い状態とは、即ちゲート電極近傍での電界強度に変化が無いことを意味する。この状態は、ゲート・エミッタ間電界とゲート・アノード間電界とを相互に等しくすることによって作り出すことができる。この状態よりも、ゲート・エミッタ間電界を強めに設定すると、僅かに発散系のレンズ効果が生じ、エミッタに加わる電界増加によって電界放出量も増加する。この僅かに発散効果を有する状態においても、所望の広がり特性の許容範囲内に収まる場合があるので、この範囲まで含めて電子放出装置を動作させると、エミッタからの放出電子量をより多く確保することができる。

【0021】また、前記ゲート電極の開口部内の前記エミッタは、該開口部の内周面側が前記ゲート電極側に突出するすり鉢状に構成されることが好ましい。この場合、すり鉢状にくぼんだエミッタ形状によって収束電界を良好に形成することができる。

【0022】好ましくは、前記エミッタが前記開口部の内周よりも小さく形成される。或いは、これに代えて、前記エミッタが環状に形成されることも好ましい態様である。開口部底部のカソード電極から放出される電子が所望のアノード電極への軌道範囲から外れることが制限となって、それ以上の電界を与えられないことがある。しかし、本構成によれば、開口部底部における内周面に近接する部分、或いは、開口部の中心側におけるエミッタが除去されるので、上記制限を取り除くことができ、より高い電界を開口部底部に作用させることができる。

【0023】更に好ましくは、前記エミッタは、相互にエミッション特性が異なる複数種類のカソード材料から構成される。この場合、例えば、通常のエミッション特性を有するカソード材料と、電子放出しきい値電界が高くしきい値以上の電界を加えたときでも電子放出の程度が低いエミッション特性を有するカソード材料とを混在させれば、カソード材料を1種類とするときよりも、所望のエミッション特性及び広がり特性を選択するための選択範囲が広がる。

【0024】また、複数の前記開口部が前記ゲート電極に一列状に形成され、各開口部内の前記エミッタが相互に一直線状を成すことが好ましい。これにより、エミッションが無用に左右に広がる現象を回避することができる。

【0025】更に好ましくは、前記開口部が略矩形状の孔として形成され、前記エミッタが、前記略矩形状孔の長手方向に沿って帯状に形成される。この場合、各絵素に対応する開口部を相互に隣接させ、各絵素に夫々対応する蛍光体を、開口部の長手方向と直交する方向に相互に離間させる構成が可能となる。

【0026】好ましくは、前記エミッタ及びゲート電極から成る1組の絵素が相互に3組隣接して配置されており、前記3組の絵素の内の中央部分に位置する第1の絵素における前記エミッタが前記略矩形状孔の中央部分を長手方向に沿って延在し、前記3組の絵素の内の一側に位置する第2の絵素における前記エミッタが前記略矩形状孔の前記第1の絵素に近接する側を長手方向に沿って延在し、前記3組の絵素の内の他側に位置する第3の絵素における前記エミッタが前記略矩形状孔の前記第1の絵素に近接する側を長手方向に沿って延在する。

【0027】この場合、各絵素に夫々対応する蛍光体を相互に離間させた構成において、例えば、緑絵素のエミッタからの放出電子には直上にエミッション広がり範囲を持たせ、赤絵素のエミッタからの放出電子には左上方方向にエミッション広がり範囲を持たせ、青絵素のエミッタからの放出電子には右上方にエミッション広がり範囲を持たせることが可能になる。

【0028】また、前記ゲート電極が略矩形状に構成され、前記開口部が、前記ゲート電極における中央部と各隅部とに夫々形成され、中央部に位置する前記開口部では、前記エミッタが前記開口部内における中間部を前記ゲート電極の長手方向に沿って延在し、各隅部に位置する前記開口部では、前記エミッタが前記開口部内における外方側に寄せて形成されることが好ましい。この場合、エミッション広がり範囲を良好に設定することができる。

【0029】本発明の電子放出装置は、基板と、開口部を有し前記基板上に配置されたゲート電極と、前記開口部内に形成されたエミッタと、該エミッタから所定の間隔をあけて配設されたアノード電極とを備える電子放出

装置において、前記エミッタから放出される電子を前記アノード電極側に向かって収束させる収束電界が形成され、前記収束電界における等電位面が収束軸を有するレンズ状に構成され、該レンズ状の等電位面が、前記エミッタから放出される電子を前記収束軸と交わるジャストフォーカス状態にしてから前記収束軸と交錯するオーバーフォーカス状態にして前記アノード電極に到達させることを特徴とする。

【0030】本発明の電子放出装置によると、エミッション広がり抑制し、最大エミッション量における広がり特性を改善することができる。

【0031】ここで、前記オーバーフォーカス状態の電子が、前記開口部よりも小さい範囲で前記アノード電極に向かうことが好ましい。この場合、ゲート開口面積よりも狭い範囲のアノード電極に放出電子を絞り込んで照射することができる。アノード電極に前記ゲート開口面積と同じ大きさ、若しくは大きな面積になるように蛍光体が塗布されていれば、アノード電極に照射した電子を全て蛍光体に入射させることができる。

【0032】本発明の電子放出装置の駆動方法は、前記電子放出装置を駆動する駆動方法であって、前記アノード電極とエミッタ間の電界をしきい値に設定することを特徴とする。

【0033】本発明の電子放出装置の駆動方法によると、ゲート変調電位がバイアスされない正電圧によって実現することができ、複数のピクセルから成るディスプレイを用いる際に、各ピクセルのしきい値電界が相互に異なるときには、最低電位のしきい値に設定することができる。ばらつきに関しては、外部の記憶手段に記憶しておきゲート変調に反映させることができる。

【0034】本発明の電子放出装置の駆動方法は、前記電子放出装置を駆動する駆動方法であって、前記アノード電極とエミッタ間の電界を、しきい値電界と最大電流量電界との中間の電界に設定することを特徴とする。

【0035】本発明の電子放出装置の駆動方法によると、印加頻度が最も高い電界にアノード・カソード間電界を設定し、ゲート電位を正／負の両極に変調することによって、ゲート電位が0である時間を増大させ、駆動消費電力を低減させることができる。また、最大電流量電界としきい値電界との中間の電界に、アノード・カ

【0036】本発明の電子放出装置の駆動方法は、前記電子放出装置を駆動する駆動方法であって、前記アノード電極とエミッタ間の電界を最大電流量電界に設定することを特徴とする。

【0037】本発明の電子放出装置の駆動方法によると、ゲート変調を負電位のみで行うことができるので、ゲート変調回路の構成を簡素化させることができる。また、ゲート変調回路が故障して0電位のみが発生する場

合や、断線して浮遊電位のみが発生する場合には、画面が最大輝度となるので、すぐに故障が判明する利点が見られ、緊急時の照明として活用することができる。

【0038】

【発明の実施の形態】図面を参照して本発明を更に詳細に説明する。図1は、本発明の第1実施形態例における電子放出装置としてFEDの1絵素を模式的に描いた断面図である。基板1上には、約1 μ m厚のSiO₂膜から成る絶縁膜2が堆積されている。絶縁膜2上には、アルミニウム金属が約200nm堆積されてゲート電極3が形成される。直径5 μ mの円筒形状のゲートホール4が、ゲート電極3及び絶縁膜2を夫々貫通して形成される。ゲートホール4の底部には、基板1上にカソード材料が堆積されてエミッタ（以下、カソード電極とも呼ぶ）5が形成される。ここで、ゲートホール4を設ける以前にエミッタ5を絶縁膜2下に埋設することができ、ゲートホール4を設けた後にその底部に堆積することもできる。

【0039】エミッタ5のカソード材料としては、カーボン・ナノチューブ（以下、CNTと呼ぶ）が挙げられる。CNTは、内径が数nmの筒状結晶で、長いものでは全長が1mmを超えるものも存在するフラーレンの一形態である。CNTの端部から100nm程度の長さだけ捕集したものを、基板1の上の鉄金属膜（図示せず）の上に堆積させている。この金属膜は、カソード電位を与えるための配線に接続される。

【0040】ゲート電極3から約1mm上方にアノード電極6が配置され、アノード電極6とゲート電極3との間が真空状態にされる。この真空度は、エミッタ5が所望の特性を維持できる程度に設定される。残留ガスが電子によってイオン化してエミッタ5にダメージを与え、或いは、基板1をチャージアップさせて放電破壊を起こす問題が生じる。例えば、 1×10^{-4} Pa以下の真空度に設定することにより、上記問題を排除できる。

【0041】アノード電極6の一部には蛍光体7が塗布されている。電子は、蛍光体7に飛び込んで励起して蛍光させる。蛍光の輝度は電子の量とその速度に依存する。蛍光体7に電子が飛び込む面には、アルミニウムの蒸着膜が50nm程度に堆積されている。このアルミニウム膜は、電子の飛び込み面表面を電子ダメージやマイナスイオンダメージから保護し、蛍光体7に対してアルミニウム膜と反対の面（観察面）に蛍光を反射させるために設けられる。

【0042】例えば、アノード電極6及び蛍光体7に3kV、ゲート電極3に2V、エミッタ5に0Vを夫々印加した場合に、アノード電極6とゲート電極3との間、及びアノード電極6とゲートホール4との間の等電位面8は、ゲートホール4に対応する位置でくぼむ凹型の収束レンズ形状となる（図1）。等電位面8を表す線は概念的であり、必ずしも実際の等電位面と対応するものでは

ないが、くぼむ傾向は共通する。

【0043】ゲートホール4の底部のエミッタ5を同心円で分割して領域a、b、cに分割すると、領域aから放出される電子9はほぼ真上に向かって直進し、領域aの外周側の領域bから放出される電子11は僅かにオーバーフォーカスの状態で蛍光体7に飛び込む。領域bの外周側の領域cから放出される電子10は、より手前でフォーカスしたオーバーフォーカスの状態で蛍光体7に飛び込む。これにより、全ての電子が蛍光体7の範囲内に飛び込む。ここで、フォーカスは、ゲートホール4付近の等電位面8を円孔レンズとして考えると、円孔レンズの収束軸の存在を前提として定義する。この場合、アンダーフォーカス、ジャストフォーカス、オーバーフォーカスの3つの状態があるので、アンダーフォーカスを「電子が収束軸と交錯する前の状態」、ジャストフォーカスを「電子が収束軸と交わる状態」、オーバーフォーカスを「電子が収束軸と交錯して更に進んだ状態」として夫々定義する。

【0044】図1の状態について図2を参照して更に詳細に説明する。図2は、図1の電子放出装置についてのエミッション電流密度特性を示すグラフである。a～cの3領域に関して夫々にゲート電位依存性を示した。

【0045】図2において、収束軸に最も近い位置の領域aでは、ゲート電極3の電位（ゲート電位）を変化させたときの影響が最も小さい。約1mm離れた3kV電圧のアノード電極6に向かってエミッタ5から電子が電界放出される状態では、ゲート電極3に与える電圧を変えることにより、(A)電子放出を抑制する、(B)電子放出に影響を与えない、(C)電子放出を促進する、各制御を切り替えることができる。

【0046】アノード電極6及びカソード電極5の各電位が0Vの状態では、ゲート電極3に3Vの電圧を与えた場合が、(B)の影響を与えない状態に対応する。この状態で、ゲート電位が存在する場合を均等電界の状態と呼ぶ。ゲート電位が3V未満の場合には抑制、3Vを超える場合には促進となる。3つの領域a、b、cからのエミッション特性は、均等電界の状態ですべて等しくなる。この状態でのエミッション電流密度を均等電界電流密度と呼ぶ。3つの領域a～cの各特性は、図2に示したように、異なるしきい値を夫々有し、その大小関係が上記均等電界で反転する。図1に示した例では、最大電流量を得る最大電界を、ゲート電位2Vと設定した。この2Vとは、均等電界よりもゲート電極3とエミッタ5との間の電界が小さい場合である。

【0047】図1では、電子放出装置としてFEDの一部構造（絵素の構成部分）のみを表したので、ここで全体構成を簡単に説明する。FEDのディスプレイは、絵

$$\{t(gk)/t(ak)\} \cdot Va < Vg < [\{t(g)+t(gk)\}/t(ak)] \cdot Va \quad \cdots \cdots ⑤$$

で示される。この領域における等電位面は、カソード電極5からゲート電極3に向かって凸型になり、ゲート電

素を2次元にマトリックス状に配列して実現している。

2次元に配列した絵素に夫々絵素信号を供給するために種々の方法が考えられるが、一例として、単純マトリクス方式の場合を示す。この例では、短冊状のゲート電極3を複数並べ、ゲート電極3と直交する方向にエミッタ5を配列する。FEDでは、アノード電極6は母材がガラス材料であり、ガラスの下面（真空側になる面）にITO導電膜が堆積される。ITO面には蛍光体、アルミニウム膜の順で更に膜が堆積されている。

【0048】ここで、ゲート下面電位を基準とした電界関係だけでは規定できない範囲で等電位面が凹型になる場合を説明する。例えば、図16で説明した従来の電子放出装置では、等電位面やオーバーフォーカスに関する考察がないので、アノード電極ターゲット領域の大きさがゲートホール4の底部のカソード電極5の大きさよりも広がる可能性がある。

【0049】まず、等電位面について考察する。この場合、図3に示すように、平行平板としてアノード電極6とカソード電極5を配置してその間にゲートホール4を設けたゲート電極3を配置した3極管構造を想定する。ここで、カソード電極5の表面とゲート電極3の裏面との間の距離を $t(gk)$ 、アノード電極6の裏面とカソード電極5の表面との間の距離を $t(ak)$ 、アノード電極6の電位を Va 、ゲート電極3の電位を Vg 、ゲート電極3の膜厚を $t(g)$ 、ゲート電極3の裏面とカソード電極5の表面との間の距離を $t(gk)$ 、アノード電極6の裏面とゲート電極3の表面との間の距離を $t(ag)$ 、及び、カソード電極5の電位を Vk とする。なお、 $Vk=0$ [V]として以降の式を簡素化する。

【0050】ゲート電極の膜厚 $t(g)>0$ の場合に、ゲートホール4近傍における等電位面が凹型を形成するためには、次式

$$Va/t(ak) \geq Vg/t(gk) \quad \cdots \cdots ①$$

を満たすことが必要である。ここで、①式を

$$Vg \leq \{t(gk)/t(ak)\} \cdot Va \quad \cdots \cdots ②$$

に変形する。

【0051】一方、ゲートホール4近傍の等電位面が凸型を形成するためには、次式

$$Va/t(ak) \geq (Va-Vg)/t(ag) \quad \cdots \cdots ③$$

を満たすことが必要である。アノード電極6とエミッタ5とを上下逆にして考える場合に、①式と同じ状況が得られる。ここで、③式に

$$t(ag)=t(ak)-t(g)-t(gk)$$

の関係式を代入して、次式

$$Vg \geq [\{t(g)+t(gk)\}/t(ak)] \cdot Va \quad \cdots \cdots ④$$

を得る。

【0052】②式及び④式で定義されない領域は、

ゲート電極3の厚みの範囲内で次第に凹型に移行する。凹凸型を形成する等電位面の傾きの観点では、②式、④式、⑤式

の3つの領域に分類することができる。

【0053】図4は、②式、④式、⑤式による上記3つの領域を表すグラフである。グラフでは、②式、④式、⑤式による各領域がこの順で接している。②式による領域では凹型、即ちカソード電極5から放出された電子が、等電位面から収束レンズとしての作用を受ける。

【0054】ここで、理解を助けるため、境界領域である $V_g = \{t(gk)/t(ak)\} \cdot V_a$ の状況について説明する。例えば、ゲート電極3の膜厚が0であれば、等電位面はカソード電極5及びアノード電極6に対して平行に形成される。しかし実際には、ゲート電極3は膜厚を有するので、この膜厚が割り込む分だけ、ゲートホール4内における等電位面がゲート電極4の上面にせり上がり、凹型等電位面を形成する。

【0055】④式による領域では、カソード電極5から見て凸型の等電位面を形成するが、アノード電極6から見ると凹型の等電位面を形成する。即ち、②式で表現した状況を上下逆にして考えた場合である。

【0056】⑤式による領域では、膜厚を有するゲート電極3（ゲートホール4）の中に、 $V_a/t(ak)$ （以下、アノード電界と呼ぶ）と等しい電界が存在する。ゲート電極3の裏面とカソード電極5の表面との間の電界がアノード電界よりも強く等電位面が密なために、アノード電界よりもカソード電極側の等電位面が凸型となる。

【0057】図5は、⑤式による等電位面のレンズ作用をシミュレートした結果を表す図である。カソード電極5から放出された電子では、ゲートホール4の中心のX座標0.0から放出された電子9は同図上方のアノード電極（図示せず）に対し一直線に進み、中心からやや外側のX座標2.0から放出された電子11は収束タイプのレンズ効果により、凹型及び凸型双方の等電位面の付合わせ面を通過してからは中心軸側にやや傾斜して進む。電子11よりも更にゲート電極3側に近接するX座標4.0から放出される電子10は、凹型及び凸型双方の等電位面の付合わせ面まではやや中心軸から離れる方向に曲がるが、付合わせ面を通過すると凹型の等電位面の収束レンズ効果によって、中心軸側に収束するように進路を曲げて進む。同図で、各等電位面の電位差は約0.1Vである。

【0058】一方、アノード電界よりもアノード電極6側の位置では、ゲート電極3表面とアノード電極6裏面との間の電界がアノード電界よりも強く等電位面が密なため、等電位面が凹型となる。カソード電極5の中心から離れた位置から放出される電子は、凹型の等電位面に対する垂直方向に沿って中心軸側に進んで収束し、高い位置に到達するとオーバーフォーカスして外側に発散しつつ進む。

【0059】次いで、アノード電極6に電子が到達する範囲であるターゲット領域について考察する。まず、円孔レンズが発散レンズとして機能する場合には、ゲート

ホール4底部のエミッタ領域よりもターゲット領域が広がるが、狭くなることはない。一方、円孔レンズが収束レンズとして機能する場合には、ターゲット領域がエミッタ領域よりも広がる場合と、狭くなる場合と、エミッタ領域と同じになる場合とがある。ターゲット領域が広がるか狭くなるかは、等電位面についての考察で行った電界の定義だけでは決定できない。例えば、カソード電極5に対しアノード電極6を1mm離して1kVの電圧を印加した場合、及び、10mm離して10kVの電圧を印加した場合の双方で1kV/mmの電界が得られるが、収束レンズ系を通過した電子が、カソード・アノード電極間の距離が1mmの場合にはオーバーフォーカス前または直後でターゲット領域が狭くなり、カソード・アノード電極間の距離が10mmの場合には十分にオーバーフォーカスすることによりターゲット領域が広がる可能性がある。

【0060】以上を整理すると表1のようになる。

【0061】

【表1】

式	ゲート電極近傍	ターゲット領域
②	凹型の等電位面	広いまたは狭い
⑤	凹凸型の付合わせ等電位面	広いまたは狭い
④	凸型の等電位面	広い

【0062】次に、本発明の第2実施形態例について説明する。図6は、第1実施形態例で説明した電子放出装置のFEDの1絵素を、放出電子の描き方を若干変えて示す断面図、図7は、ゲート電極とカソード電極間の電界がアノード電極とゲート電極間の電界よりも強い場合の電子放出軌道を表した断面図である。図6及び図7では、収束（抑制）と発散（促進）の夫々の典型的な状態を夫々示す。

【0063】図6では、ゲートホール4の底部に堆積したカソード電極5の外周側から放出される電子12と、中心側から放出される電子9のみを示し、ゲート電極3とカソード電極5との間の電界が、アノード電極6とゲート電極3との間の電界よりも小さく設定される。これにより、ゲートホール4内及びその近傍に形成される電界が、アノード電極6に向かって放出される電子を収束するレンズ効果を奏する。このため、電子がオーバーフォーカスしてアノード電極6に飛び込む。このオーバーフォーカス状態は必ず発生するのではなく、収束するレンズ効果が顕著な場合にのみ発生する。均等電界の状態に近ければ、アンダーフォーカスまたはジャストフォーカスの状態で、電子がアノード電極6に飛び込む。

【0064】一方、図7では、ゲート電極3とカソード電極5との間の電界が、アノード電極6とゲート電極3との間の電界よりも大きく設定される。これにより、ゲ

ートホール4内及びその近傍に形成される電界が、アノード電極6に向かって放出される電子を発散させるレンズ効果を奏する。このため、レンズ周辺側から放出される電子12が、外側に広がりつつアノード電極6に到達する。

【0065】図8は、収束及び発散の各状態を網羅したエミッション広がり特性を示すグラフである。同図では、領域a、b、c（図1参照）におけるアノード電極6への到達時のエミッション広がり特性を示した。グラフの縦軸はアノード電極到達時のエミッション広がり範囲を、横軸はゲート電極の電位を夫々示し、長さDとは最大広がり範囲を測った場合の直径を示す（図23参照）。

【0066】均等電界では、領域a、b、cから放出された電子は、レンズの作用を受けずにアノード電極6に向けてほぼ直進する。広がり範囲Dの大きさが0でない理由は、各領域a、b、c自身が夫々に大きさを有することと、初速度が完全には0でないことである。グラフ中で、ターゲット領域に対する限界広がり範囲を境界として曲線が太線から細線になる。

【0067】均等電界未満では、電子軌道が収束方向に曲げられる。ゲート電位が低下してオーバーフォーカスの度合いが強くなると、広がり範囲Dが大きくなる。広がり範囲Dが大きくなる度合いは、周辺部に近い領域cからのエミッションにおいて最も大きい。一方、均等電界よりもゲート電位が大きい場合には、円孔レンズが発散系レンズとして機能するので、ゲート電位の上昇に従って急激に広がり範囲Dが大きくなる。中でも、領域cにおいて最も急激に大きくなる。

【0068】図8では、結果として均等電界付近で広がり特性が極小となる。厳密には、ゲート電位が均等電界よりも小さい場合に、適度に収束作用が働いて極小となる。図8に示されるように限界広がり範囲を設定すると、その条件を満たすゲート電位の条件が決まる。図8では、条件を満たす範囲について線を太く記載した。

a、b、cの各領域について太線の範囲内であるならば、アノード電極6での広がり条件を満たす。本実施形態例では、限界広がり範囲を超えない太線の範囲で電位を設定することによって、良好なエミッション広がり特性を得る。

【0069】図9は、広がり特性に関する条件範囲とエミッション電流密度特性とを重ねて描いたグラフである。グラフにおける上方の領域には、図8の結果を示した。領域a～cの夫々に関して条件を満たす範囲を、最上方の領域に両端矢印a～cで示した。グラフにおける下方には、ゲート電位に対するエミッション電流密度特性を示した。

【0070】図8から得られた条件満足領域をグラフ上方に太線で描いた。各領域について均等電界以下の範囲では、各しきい値電界以上の全範囲で条件を満たしてお

り、均等電界よりも大きな領域では、最も低いゲート電位で条件を外れる電位（cの条件範囲を示す両端矢印の右端）までが条件を満たす。本実施形態例では、この範囲までを駆動領域として利用する。3領域a、b、cを総合したエミッション電流量を「総合」のラベルで示す。この曲線に限っては電流密度ではなく、電流量とした。

【0071】本発明の第3実施形態例について説明する。図10は、図8と同様の均等電界付近で極小となる広がり特性を示すグラフである。同グラフでは、限界広がり範囲が図8の場合よりも厳しく設定される。この結果として、太線で表す条件を満たす範囲が図8の場合よりも狭くなっている。

【0072】図11は、図9と同様の広がり特性に関する条件範囲と、エミッション電流密度特性とを重ねて描いたグラフである。同グラフでは、限界広がり範囲を厳しく設定したことを反映して、総合のエミッション電流量に関してその下限と上限とが決まっているので、これ以下の電流量になるようにゲート電位を設定すると、広がり特性が不良になる。この特性の電子放出装置では、蛍光体7の電子飛込み面を覆うアルミニウム蒸着膜の膜厚を厚くして蛍光体7に到達するまでの電子の減衰量を増加させ、或いは、蛍光特性に感度が低いしきい値をもつ蛍光体7を使用する等の対策を施す。

【0073】次に、本発明の第4実施形態例について説明する。図12は、図1に示した電子放出装置のエミッタ5における領域cを除去して、エミッタ5をゲートホール4の内周よりも小さくした例である。図11のグラフを参照して、図12の電子放出装置の特性を説明する。本実施形態例では、領域cが削除されたことにより、蛍光体7に良好に飛び込む条件を満たす範囲が増大する。

【0074】次に、本発明の第5実施形態例について説明する。図13は、図1における領域bのみにカソード材料を堆積して環状のエミッタ5とした例を示す断面図である。図14は、領域bのみにエミッタ5を堆積した際の特性を示すグラフである。領域bのみにエミッタ5が存在することにより、最大エミッション電流密度を十分に大きく確保し、且つ、最小エミッション電流量を十分に小さく確保することができる。その結果として、階調表示を広くすることができる。また、ゲート電位の変化に対して感度が低い領域aが除去されたことにより、ゲート電位の変化に対するエミッション電流密度量の変化が急峻になる。これにより、小さな振幅のゲート電位変化で広い階調を制御することができる。

【0075】次に、本発明の第6実施形態例について図12を再度参照して説明する。本実施形態例では、領域aのカソード材料として、領域bのカソード材料よりも仕事関数が高いものを使用する。この結果として、蛍光体7の中央部分を励起する電子の量が減少し、電子が蛍

光体7の全面に比較的均一に照射するので、蛍光体7の一部が焼けて劣化する等の現象を防止することができる。

【0076】次に、本発明の第7実施形態例について説明する。図15は、電子が放出される方向からFEDの表示部分の一部を正面に観察した場合の図である。1つの画素13は、赤絵素14、緑絵素15及び青絵素16の3色の蛍光体絵素から構成される。ブラックマトリクス17が絵素14～16の隙間を埋めている。不良エミッション広がり範囲18と許容エミッション広がり範囲19とを楕円の範囲で夫々示す。双方の広がり範囲18、19とも、緑絵素15におけるエミッションの広がり状況を示す。

【0077】不良エミッション広がり範囲18では、例えば、赤にじみ20と青にじみ21が発生する等の目立つ不良が発生する。FEDにおいては、僅かでも別の色を混ぜて表示すると目立つ傾向があるので、許容できない。一方、許容エミッション広がり範囲19では、同色にじみ22が発生するだけなので、空間分解能の劣化は生じるが、色が損なわれることはなく、許容できる。

【0078】図15における解析を基に本実施形態例を説明する。図16は、図15の許容エミッション広がり範囲19で示した広がり特性を実現する電子放出装置の例であり、電子が放出される方向からエミッタ5を正面に観察している。図16で、3つのゲートホール（開口部）4がゲート電極3に一列状に形成され、各ゲートホール4内に形成されたエミッタ5が一直線状を成している。つまり、ゲート電極3に3箇所設けられた例えば直径10 μ mの円筒形状のゲートホール4の各底部には、縦長の長方形に類似した形状にエミッタ5が塗布されて

いる。なお、ゲート電極3の下部には、図示しない絶縁膜が配設される。

【0079】図16に示す形状にカソード材料が塗布されて電極エミッタ5が構成されることにより、同図の左右方向にエミッションが広がる現象が厳しく抑制される。反面、上下方向での抑制は緩くされる。その結果として、図15における許容エミッション広がり範囲19でのエミッション広がり特性と同様の特性が得られる。本実施形態例では、上下方向に広がっている分、空間電荷効果でエミッションが無用に左右に広がることを回避

【0080】次に、本発明の第8実施形態例について説明する。図17は、図15に示したR、G、Bの3色から成る1絵素をもつFEDの要部を示す図である。図17では、図16と同じ方向からエミッタ5を観察している。

【0081】図17に示すように、FEDでは、赤絵素14、緑絵素15及び青絵素16の各絵素に関し、ゲートホール4が略矩形形状の孔として形成され、エミッタ5が、略矩形形状孔の長手方向に沿って帯状に形成される。

エミッタ5及びゲート電極3から成る1組の絵素が相互に3組隣接して配置されている。3組の絵素の内の中央部分に位置する第1の絵素におけるエミッタ5が、略矩形形状のゲートホール4の中央部分を長手方向に沿って延在する。3組の絵素の内の左側に位置する第2の絵素におけるエミッタ5が、ゲートホール4の第1の絵素に近接する側を長手方向に沿って延在する。また、3組の絵素の内の右側に位置する第3の絵素におけるエミッタ5が、ゲートホール4の第1の絵素に近接する側を長手方向に沿って延在する。

【0082】本実施形態例の特徴は、各絵素14～16に対応するゲートホール4が相互に隣接しているのに対し、各絵素14～16の蛍光体（図示せず）が相互に離間していることである。この関係に対応させるため、緑絵素15のエミッタ5からの放出電子には直上にエミッション広がり範囲23を持たせ、赤絵素14のエミッタ5からの放出電子には左上方向にエミッション広がり範囲23を持たせ、青絵素16のエミッタ5からの放出電子には右上方向にエミッション広がり範囲23を持たせる。これらの広がり範囲特性を実現するために、本実施形態例では、角を丸めた縦長の長方形形状のゲートホール4と、縦長の長方形形状のエミッタ5を採用した。同時に、赤絵素14に対応するエミッタ5はゲートホール4中央よりも右寄りに、緑絵素15に対応するエミッタ5はゲートホール4の中央に、青絵素16に対応するエミッタ5はゲートホール4の左寄りに配置した。

【0083】次に、本発明の第9実施形態例について説明する。図18は、図15における緑絵素15に対応する電子放出装置を示す正面図である。図18では、ゲート電極3が略矩形形状に構成され、ゲートホール4が、ゲート電極3における中央部と各隅部とに夫々形成される。中央部に位置するゲートホール4では、エミッタ26がゲートホール4内における中間部をゲート電極3の長手方向に沿って延在し、各隅部に位置するゲートホール4では、エミッタ24、25がゲートホール4内における外方側に寄せて形成される。つまり、5つのゲートホール4がゲート電極3に形成されており、各ゲートホール4の底部にカソード材料が塗布されてエミッタ24、25が形成されている。本実施形態例では、ゲートホール4の位置に応じてカソード材料の塗布位置が異なる。

【0084】上記構成において、中心から図の左方向にずれて配置された左寄りゲートホール4では、カソード材料が左寄り部分だけに塗布される。逆に、右寄りゲートホール4では、右寄り部分のみにカソード材料が塗布される。中央ゲートホール4では、図13と同様に、中央部分にカソード材料が塗布されている。これにより、エミッション広がり範囲が良好に設定される。ここで例えば、右寄りゲートホール4の内図の右上に位置するゲートホール4においても、上方向に配置されることに

対するゲート材料塗布への配慮はなされていない。これは、図15を用いて説明した許容エミッション広がり範囲に関する考察の結果である。

【0085】以上のように、本発明の第1～第9実施形態例における電子放出装置によれば、簡素な構成を有するものでありながらも、エミッション広がり特性を向上させることができる。FEDにおいては、僅かな割合でも母数が大きいために、規格外に広がったエミッション量自身が多くなって色にじみ等の深刻な画質劣化を引き起こす。このため、最大エミッション量におけるエミ

ッション広がり量が最も厳しく取り扱われる。本発明の第1～第9実施形態例では、最大エミッション量における広がり特性向上に特に有利である。

【0086】また、各実施形態例における電子放出装置を、進行波管アンプやブラウン管電子ビーム露光装置などの電子ビーム応用装置に適用する場合には、元来細いビームで複雑なレンズによる絞り込みが不要であり、レンズの各種の収差の影響を受けにくく、レンズによる像の拡大の懸念が少ない。このため、電子引出し部分から細い電子ビームが得られ、非常に細い電子ビームを容易

に得ることができる。

【0087】更に、各実施形態例における電子放出装置では、電界によって電子を取り出す方式を採用しているため、カソード材料から成るエミッタの温度を上げる必要がなく、熱による機械寸法のずれや、輻射熱の影響で周辺構成部品が劣化する等の懸念がない。これにより、電子放出装置を構成する材料の選択範囲が広がるとともに、微細構造を採用することができる。

【0088】ここで、本発明の電子放出装置の駆動方式について説明する。蛍光体を電子で励起して発光させるディスプレイでは、蛍光体の発光効率を k 、電子電流量を I 、加速電圧を V 、発光時間を t 、1フレーム時間を T 、発光面積を s 、ピクセル全体面積を S とすると、

$$L = k \times I \times V \times t / T \times s / S \quad \cdots \cdots \textcircled{6}$$

で表わされる。

【0089】図19は、アナログ変調方式を示す模式図である。⑥式における発光効率 k は、電子のエネルギーを光に変換する効率であり、電子電流量 I と加速電圧 V とを掛け合わせたものが、電子のエネルギーである。電子電流量 I は、ゲート・カソード間の印加電圧を制御することによって変化させることができる。加速電圧 V は、カソード電極とアノード電圧との間の電位差である。カソード電極に対してアノード電圧は、例えば2kV～6kV程度で使用されることが多い。アナログ変調方式では、カソード電圧に対するゲート電圧を変調することによって電流量 I を変調して輝度階調を表現する。

【0090】図20は、パルス幅変調方式を示す模式図である。⑥式における t/T は、表示期間内でパルス状に電子照射する場合に考慮すべき要素である。ディス

プレイにおいては、一定の表示期間であるフレームの内の限られた期間内で、発光時間 t だけ発光させる。 t/T が短ければ、1フレーム時間 T における平均輝度が低下する。人間の目には残像効果があるので、発光輝度はこの平均輝度となる。プラズマディスプレイパネル(PDP)及び液晶表示装置(LCD)の大半が、 t/T を変化させるパルス幅変調によって輝度階調を変化させている。

【0091】⑥式における k は一定として取り扱ったが、実際の蛍光体では、一定値以上の電流が入力されても輝度が増加しない飽和現象が存在する。電子放出においては、電子放出を開始するしきい値電界強度が存在する。しきい値電界よりも低い電界では電子放出は開始されない。

【0092】上記性質を踏まえて電子放出装置の駆動方法について説明する。ここでは、アナログ変調方式によって、(1)アノード・カソード間の電界をしきい値に設定して行う駆動方式、(2)アノード・カソード間の電界を、しきい値電界と最大電流量電界との中間電界に設定して行う駆動方式、(3)アノード・カソード間の電界を最大電流量電界に設定して行う駆動方式、を夫々示す。

【0093】駆動方式(1)によると、ゲート変調電位がバイアスされない正電圧によって実現できるメリットがある。複数のピクセルから成るディスプレイを用いる際に、各ピクセルのしきい値電界が相互に異なる場合には、最低電位のしきい値に設定する。ばらつきについては、外部の半導体メモリに記憶しておいてゲート変調に反映させることができる。

【0094】駆動方式(2)によると、種々の設定が可能である。第1の設定例としては、印加頻度が最も高い電界にアノード・カソード間電界を設定しておき、ゲート電位を正/負の両極に変調する。これにより、ゲート電位が0である時間を増大させ、駆動消費電力を低減させることができる。第2の設定例としては、最大電流量電界としきい値電界との中間の電界に、アノード・カソード間電界を設定する。これにより、ゲート電位変調振幅が最小になるメリットが得られる。

【0095】駆動方式(3)によると、ゲート変調を負電位のみで行うことができるので、ゲート変調回路の構成を簡素化させることができる。また、ゲート変調回路が故障して0電位のみが発生する場合や、断線して浮遊電位のみが発生する場合には、画面が最大輝度となるので、すぐに故障が判明する利点を得られ、緊急時の照明として活用することができる。

【0096】駆動方式(1)～(3)では、パルス幅変調の場合にも上記と同様のことが言える。例えば、パルス幅変調方式により駆動方式(2)を行う場合に、輝度頻度が高い電界でデューティ(duty)が50%になるように設定することにより、駆動負荷を軽減すること

ができる。パルス幅変調方式では、最小ビットパルスが短く周波数が高くても、複数ビットを連続して同じ状態に保持することにより、その分だけ実質的な周波数を低下させ、駆動負荷（充放電現象）を低減できる。1フレームの半分の期間がオンで他の期間がオフである duty 50% の状態で、負荷が最も小さくなる。

【0097】次いで、本電子放出装置の駆動方法を別の視点から説明する。例えば、アノード電極に高電位を与えてゲート電極に低電位を与える方式は、従来から頻繁に活用されており、ゲート・カソード間に周辺よりも高い電界を与えて電子を引き出す場合に好適に利用される。しかし、本発明ではこれとは逆に、ゲート・カソード間に周辺よりも低い電界を与えて電子放出を抑制することに特徴がある。この特徴を踏まえて、本電子放出装置の駆動方法を更に説明する。

【0098】定常状態では、アノード・カソード間の電界がしきい値を越えるので、ゲート電位で抑制しなければならない。本駆動方法では、電圧の印加開始時（装置起動時）や終了時に、アノード・カソード間電界がしきい値電界以下の状態で初めてゲート電位の印加を停止する。

【0099】

【実施例】次に、本電子放出装置の駆動方法の実施例を説明する。

【0100】〔実施例1〕しきい値電界が $2\text{ V}/\mu\text{m}$ 、定常アノード・カソード間電界が $5\text{ kV}/\mu\text{m}$ の場合に、起動時のアノード・カソード間電界が $1.9\text{ V}/\mu\text{m}$ 未満ではゲート印加を行わず、この値に至った時点でゲート・カソード間電界を $1.9\text{ V}/\mu\text{m}$ になるようにゲート電位を印加する。次いで、アノード・カソード間電界を $5\text{ kV}/\mu\text{m}$ まで上昇させる。終了時には、これと逆の手順で実行する。このような手順で実行することによって、ゲート電位印加時には、ゲート電極周辺の電界が $1.9\text{ V}/\mu\text{m}$ になった状態でゲート電位を $1.9\text{ V}/\mu\text{m}$ にすることができるので、放電事故が発生することがなく、電子放出も発生することがない。

【0101】次に、CNT をカソード材料に用いた電子放出基板の作製方法について説明する。図21はゲートホール内の構造を示す断面図であり、(a)～(d)は形成工程を段階的に夫々示す。

【0102】図21(a)に示すように、まず、ガラス基板30上にアルミニウム金属製の薄膜（図示せず）を形成してパターンニングする。次いで、スピコート法によって、ポリイミドフィルム31を膜厚 $50\mu\text{m}$ となるように塗布する。更に、メッキ法によって、ポリイミドフィルム31上に銅薄膜32を膜厚 $20\mu\text{m}$ となるように堆積した後、レジスト膜（図示せず）を塗布してパターンニングし、銅薄膜32をエッチングしてゲート電極を形成する。次いで、この銅薄膜32をマスクとしてポリイミドフィルム31を更にエッチングして絶縁膜を形成

する。これにより、直径 $50\mu\text{m}$ のゲートホール34が得られる。

【0103】図21(b)に示すように、ゲート電極32表面とゲートホール34の底部とに、平面上で $1\mu\text{m}$ 程度になるようにCNT含有レジスト膜35を夫々塗布する。同図では、CNT含有レジスト膜35がゲートホール34の端面でも連続しているように描いたが、端面で段切れしている場合もある。ゲートホール34の底部におけるCNT含有レジスト膜35の塗布形状は、図示したように、液体時の表面張力の作用によって、すり鉢状になる。

【0104】図21(c)に示すように、ゲート電極32の表面に塗布されたCNT含有レジスト膜35を、ケミカル・メカニカル・ポリッシング(CMP)法を用いて除去する。同図では、ゲートホール34の底部に塗布されたCNT含有レジスト膜35は削られずに残存する。

【0105】図21(d)に示すように、大気中で、約 300°C で20分間の加熱処理を施すことにより、CNT含有レジスト膜35の主成分である有機物を気化させて除去して、体積減少する。これにより、ゲートホール34底部にCNTのみが、すり鉢状に固定されて残存する。

【0106】次に、CNTをカソード材料として用いた電子放出基板の別の作製方法について説明する。図22はゲートホール内の構造を示す断面図であり、(a)～(c)は形成工程を段階的に夫々示す。

【0107】図22(a)に示すように、まず、ガラス基板30上にアルミニウム金属製の薄膜（図示せず）を形成してパターンニングする。次いで、スピコート法によって、ポリイミドフィルム31を膜厚 $50\mu\text{m}$ となるように塗布する。更に、メッキ法によって、ポリイミドフィルム31上に銅薄膜32を膜厚 $20\mu\text{m}$ となるように堆積した後、レジスト膜（図示せず）を塗布してパターンニングし、銅薄膜32をエッチングしてゲート電極を形成する。次いで、この銅薄膜32をマスクとしてポリイミドフィルム31を更にエッチングして絶縁膜を形成する。この場合、ポリイミドフィルム31をオーバーエッチングすることによって、ゲート電極(32)の厚さ内で直径 $50\mu\text{m}$ 、底部で直径 $100\mu\text{m}$ のゲートホール34が得られる。

【0108】図22(b)に示すように、ゲート電極32表面とゲートホール34の底部とに、平面上で $1\mu\text{m}$ 程度になるようにCNT膜36を夫々塗布する。この場合、CNT膜36は端面で段切れしている。ゲートホール34の底部におけるCNT膜36の塗布形状は、図示したように、液体時の表面張力の作用によって、すり鉢状になる。

【0109】図22(c)に示すように、ゲート電極(32)の表面に塗布されたCNT膜36をCMP法で

除去する。同図では、ゲートホール 34 の底部に塗布された CNT 膜 36 は削られずに残存する。

【0110】以上、図 21 及び図 22 で説明したように、ゲートホール 34 底部のエミッタ（カソード電極）を、ゲートホール 34 の内周面側がゲート電極 32 側に突出するすり鉢状に構成したので、すり鉢状にくぼんだエミッタ形状によって収束電界を良好に形成することができる。

【0111】以上、本発明をその好適な実施形態例に基づいて説明したが、本発明の電子放出装置及びその駆動方法は、上記実施形態例の構成にのみ限定されるものではなく、上記実施形態例の構成から種々の修正及び変更を施した電子放出装置及びその駆動方法も、本発明の範囲に含まれる。

【0112】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の電子放出装置及びその駆動方法によると、エミッション広がり性を抑制し、最大エミッション量における広がり特性を改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 実施形態例における電子放出装置として FED の 1 絵素を模式的に描いた断面図である。

【図 2】図 1 の電子放出装置についてのエミッション電流密度特性を示すグラフである。

【図 3】特定の範囲で等電位面が凹型になる場合を説明するための模式図である。

【図 4】②式、④式、⑤式による 3 領域を表すグラフである。

【図 5】⑤式による等電位面のレンズ作用をシミュレートした結果を表す図である。

【図 6】本発明の第 2 実施形態例における電子放出装置として FED の 1 絵素を模式的に描いた断面図である。

【図 7】第 2 実施形態例においてゲート電極とカソード電極間の電界がアノード電極とゲート電極間の電界よりも強い場合の電子放出軌道を表した断面図である。

【図 8】第 2 実施形態例における収束及び発散の各状態を網羅したエミッション広がり特性を示すグラフである。

【図 9】第 2 実施形態例における広がり特性に関する条件範囲とエミッション電流密度特性とを重ねて描いたグラフである。

【図 10】本発明の第 3 実施形態例における広がり特性を示すグラフである。

【図 11】第 3 実施形態例における広がり特性に関する条件範囲とエミッション電流密度特性とを相互に重ねて描いたグラフである。

【図 12】本発明の第 4 及び第 6 実施形態例を説明するための電子放出装置の 1 絵素を模式的に描いた断面図である。

【図 13】本発明の第 5 実施形態例における電子放出装

置の 1 絵素を模式的に描いた断面図である。

【図 14】第 5 実施形態例で領域 b のみにエミッタを堆積した際の特性を示すグラフである。

【図 15】本発明の第 7 実施形態例における FED の表示部分の一部を示す正面図である。

【図 16】第 7 実施形態例における広がり特性を実現する電子放出装置の例である。

【図 17】本発明の第 8 実施形態例における R、G、B の 3 色から成る 1 絵素をもつ FED の要部を示す図である。

【図 18】本発明の第 9 実施形態例における R、G、B の 3 色から成る 1 絵素をもつ FED の要部を示す図である。

【図 19】アナログ変調方式を示す模式図である。

【図 20】パルス幅変調方式を示す模式図である。

【図 21】ゲートホール内の構造を示す断面図であり、(a)～(d) は形成工程を段階的に夫々示す。

【図 22】ゲートホール内の構造を示す断面図であり、(a)～(c) は形成工程を段階的に夫々示す。

【図 23】従来の FED の 1 絵素を模式的に描いた断面図である。

【図 24】図 23 で示した従来の電子放出装置の動作特性を示すグラフである。

【図 25】ゲートホール開口部での電界の差が大きい場合の現象①を説明するグラフである。

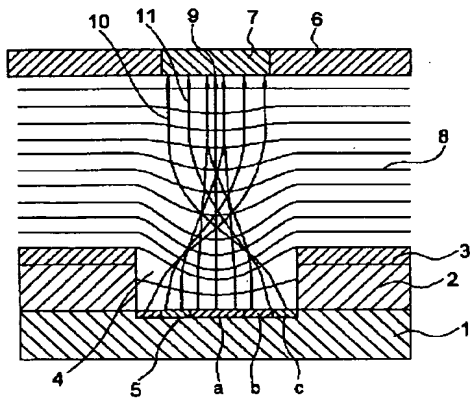
【符号の説明】

- 1：基板
- 2：絶縁膜
- 3：ゲート電極
- 4：ゲートホール
- 5：エミッタ
- 6：アノード電極
- 7：蛍光体
- 8：等電位面
- 9：領域 a から放出される電子
- 10：領域 b から放出される電子
- 11：領域 c から放出される電子
- 12：周辺部から放出される電子
- 13：画素
- 14：赤絵素
- 15：緑絵素
- 16：青絵素
- 17：ブラックマトリクス
- 18：不良エミッション広がり範囲
- 19：許容エミッション広がり範囲
- 20：赤にじみ
- 21：青にじみ
- 22：同色にじみ
- 23：エミッション広がり範囲
- 24：左寄りゲートホール

25

25：右寄りゲートホール
 26：中央ゲートホール
 30：ガラス基板
 31：ポリイミドフィルム

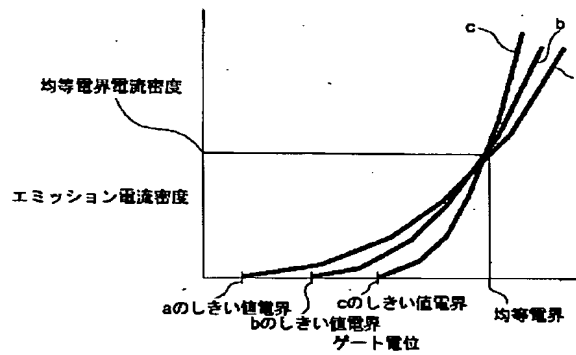
【図1】



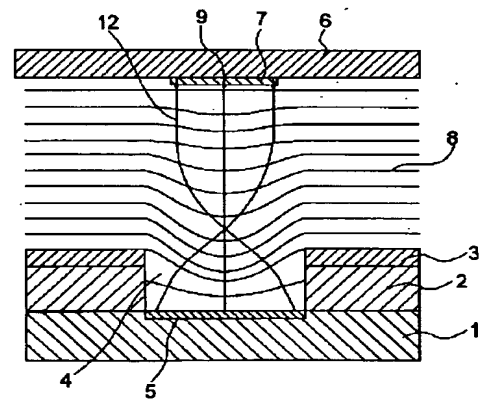
26

32：銅薄膜
 34：ゲートホール
 36：CNT膜

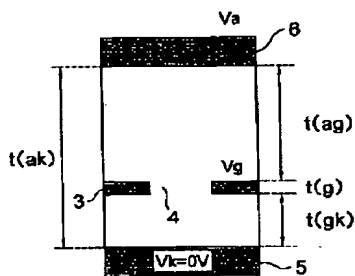
【図2】



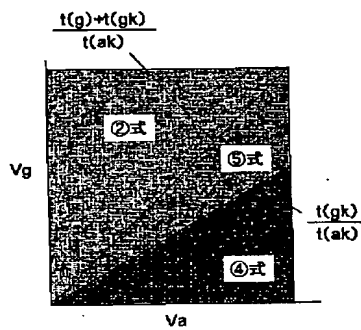
【図6】



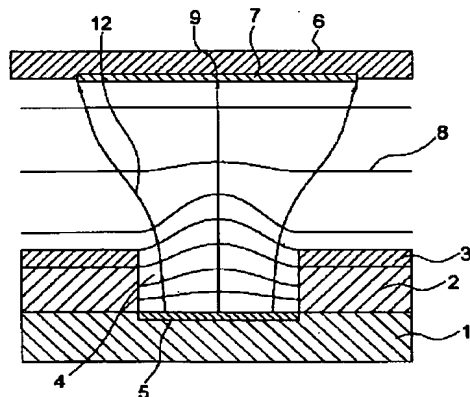
【図3】



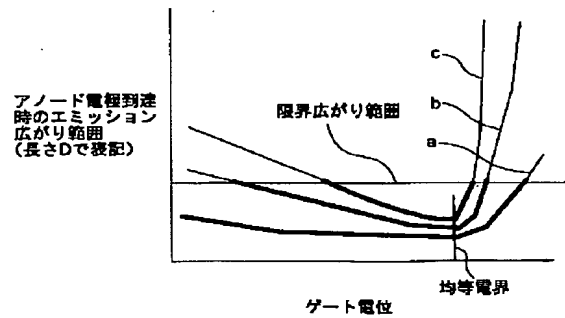
【図4】



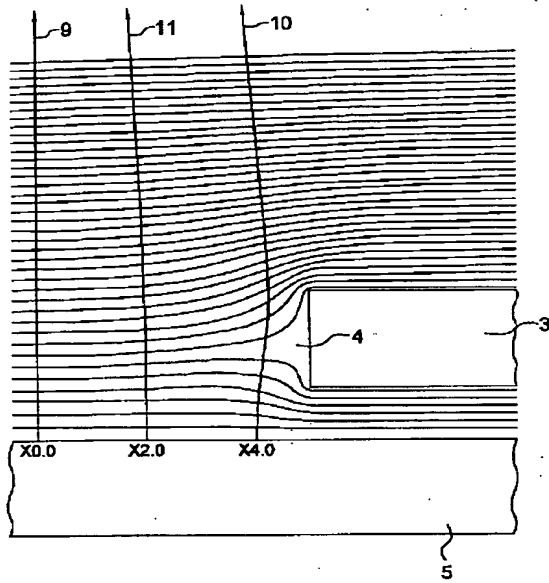
【図7】



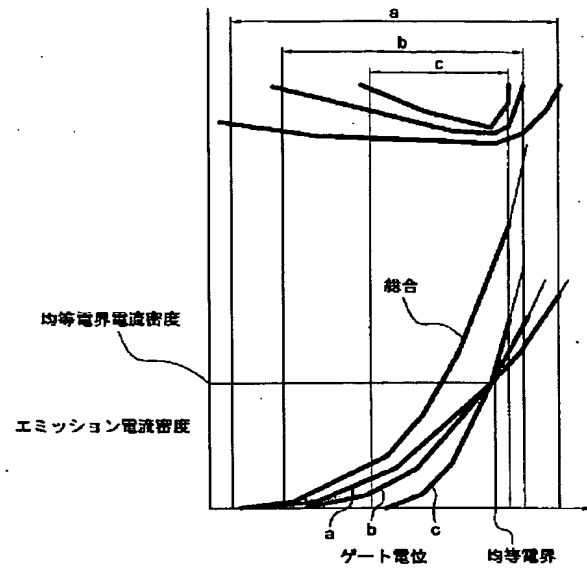
【図8】



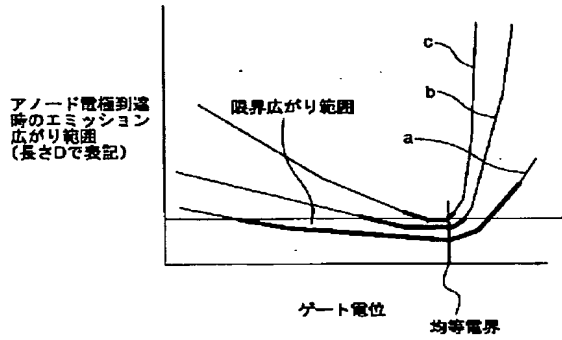
【図5】



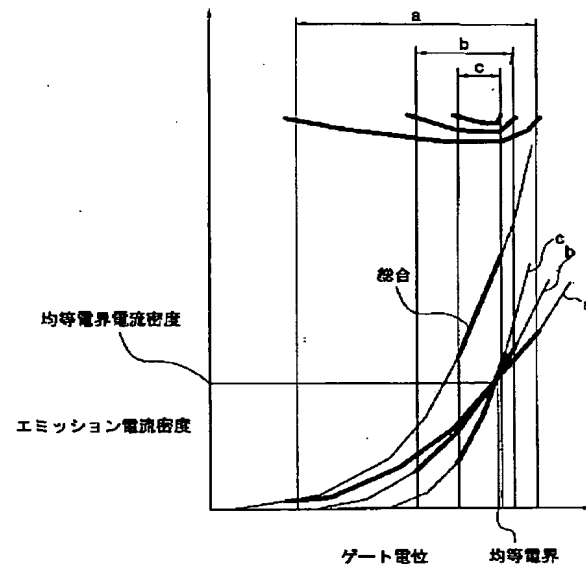
【図9】



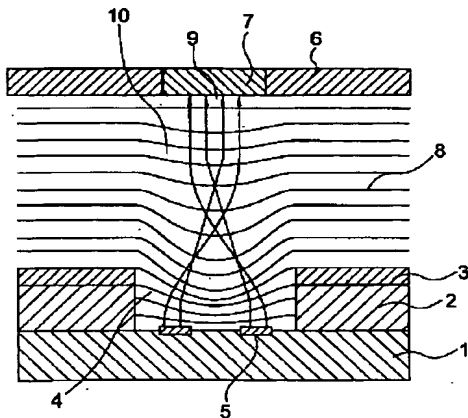
【図10】



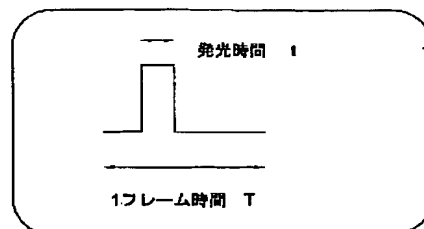
【図11】



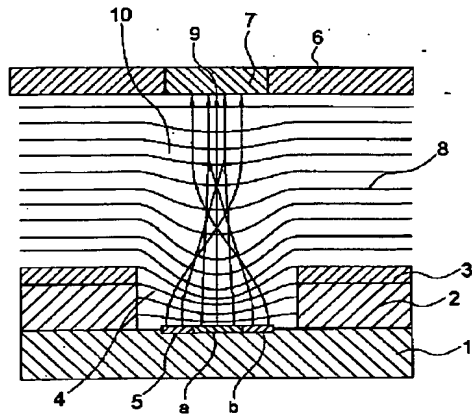
【図13】



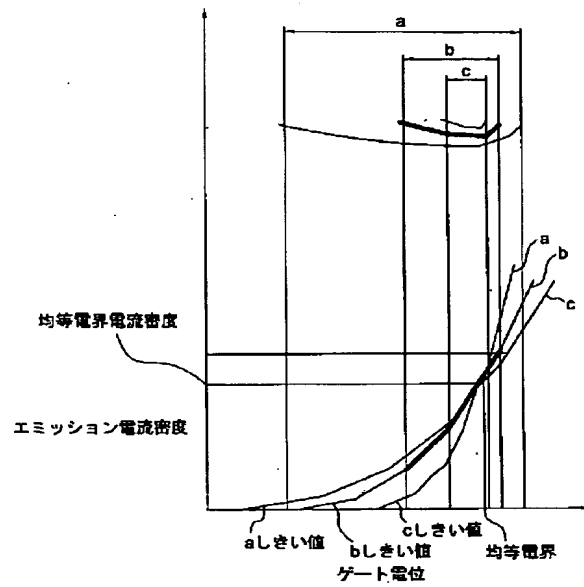
【図20】



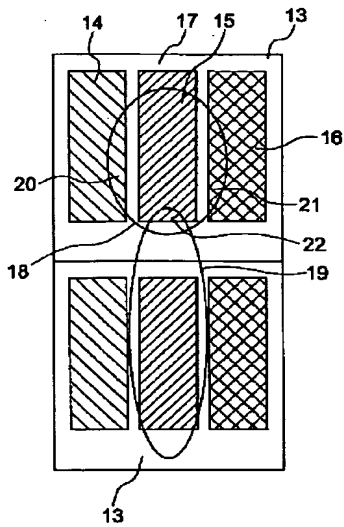
【図12】



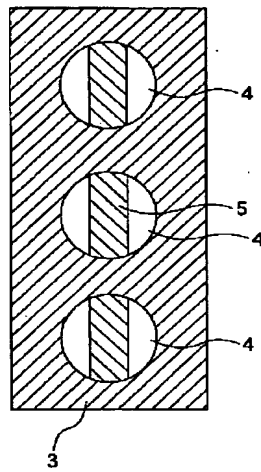
【図14】



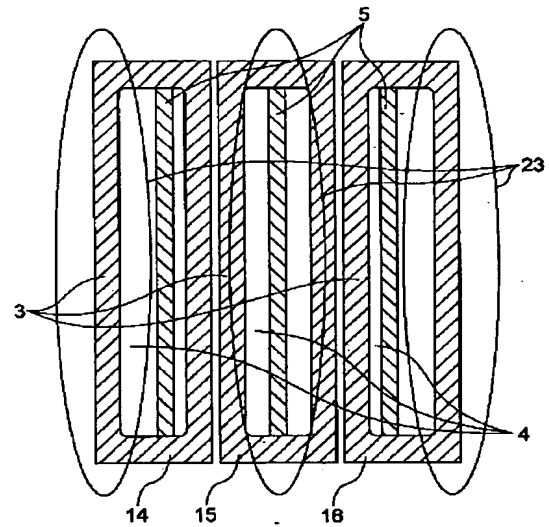
【図15】



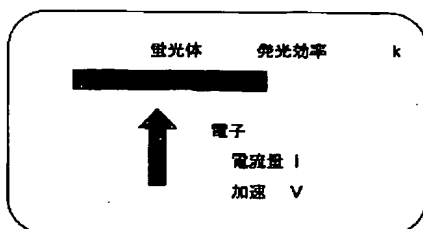
【図16】



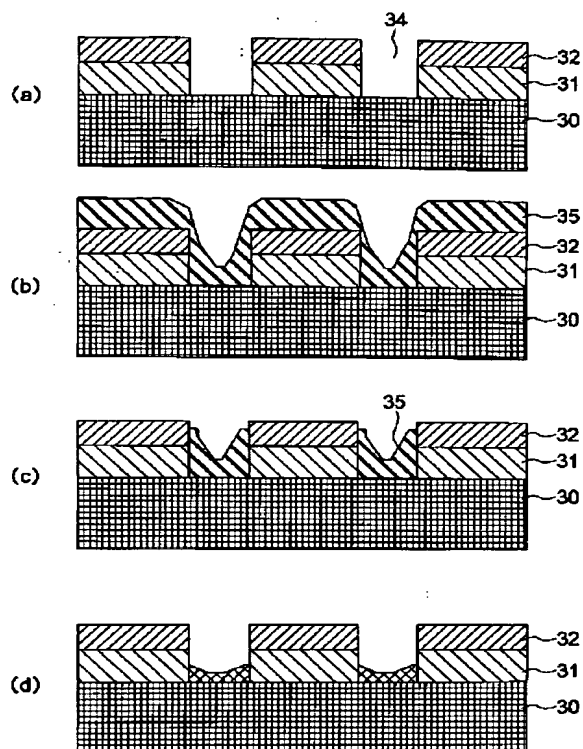
【図17】



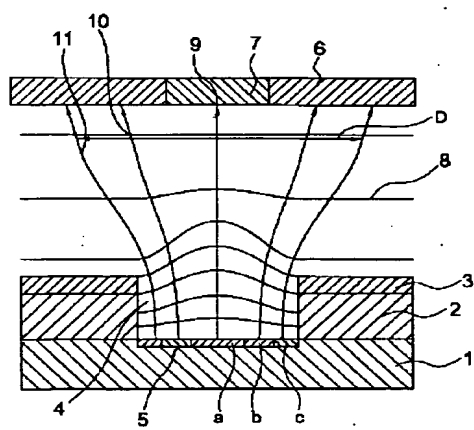
【図19】



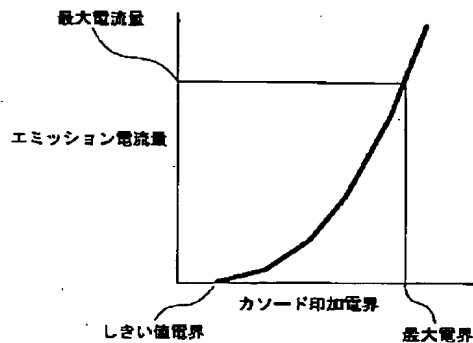
【图 2 1】



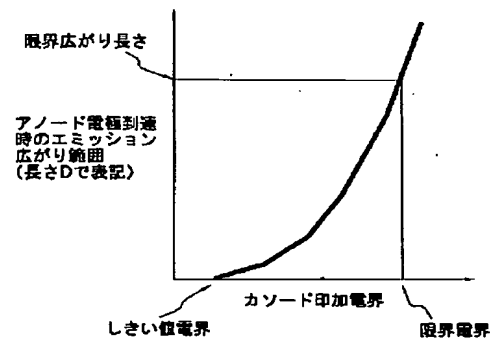
【图 2 3】



【図 24】



【図 25】



【手続補正書】

【提出日】平成12年1月24日（2000. 1. 24）

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項2

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項2】 基板と、開口部を有し前記基板上に配置されたゲート電極と、前記開口部に形成されたエミッタと、該エミッタから所定の間隔をあけて配設されたアノード電極とを備える電子放出装置において、前記エミッタから放出される電子を前記アノード電極側に向かって収束させる収束電界が形成され、前記収束電界は、前記ゲート電極及びエミッタの相互間に与えられるゲート・エミッタ間電界が、前記アノード電極及びゲート電極の相互間に与えられるゲート・アノード間電界よりも小さい値に設定されることによって形成されることを特徴とする電子放出装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】本発明の電子放出装置は、基板と、開口部

を有し前記基板上に配置されたゲート電極と、前記開口部に形成されたエミッタと、該エミッタから所定の間隔をあけて配設されたアノード電極とを備える電子放出装置において、前記エミッタから放出される電子を前記アノード電極側に向かって収束させる収束電界が形成され、前記収束電界は、前記ゲート電極及びエミッタの相互間に与えられるゲート・エミッタ間電界が、前記アノード電極及びゲート電極の相互間に与えられるゲート・アノード間電界よりも小さい値に設定されることによって形成されることを特徴とする。本発明の電子放出装置によると、エミッション広がり抑制すると共に、電子の収束作用をもつ電界を簡便に得ることができる。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0048

【補正方法】変更

【補正内容】

【0048】ここで、ゲート下面電位を基準とした電界関係だけでは規定できない範囲で等電位面が凹型になる場合を説明する。例えば、図23で説明した従来の電子放出装置では、等電位面やオーバーフォーカスに関する考察がないので、アノード電極ターゲット領域の大きさがゲートホール4の底部のカソード電極5の大きさよりも広がる可能性がある。

フロントページの続き

Fターム(参考) 5C031 DD09 DD17
5C036 EE01 EE02 EF01 EF06 EF09
EG12 EG15 EG19 EG48 EH01
EH02 EH21
5C080 AA08 BB05 CC03 DD10 EE02
EE17 FF10 GG08 HH17 JJ06
KK02 KK43